

**DESARROLLO DE SOFTWARE, PARA REALIZAR LOS CÁLCULOS
CORRESPONDIENTES AL DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA
TENSIÓN RADIALES EN ZONAS RESIDENCIALES, SEGÚN LA NORMATIVIDAD DE
LA EMPRESA DE ENERGÍA DE PEREIRA**

**AUTORA
NATALIA ARANGO LARGO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍAS
PROGRAMA TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
PEREIRA, RISARALDA
2018**

**DESARROLLO DE SOFTWARE, PARA REALIZAR LOS CÁLCULOS
CORRESPONDIENTES AL DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE BAJA
TENSIÓN RADIALES EN ZONAS RESIDENCIALES, SEGÚN LA NORMATIVIDAD DE
LA EMPRESA DE ENERGÍA DE PEREIRA**

AUTORA

NATALIA ARANGO LARGO

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
TECNÓLOGA EN ELECTRICIDAD**

DIRECTOR

JORGE HUMBERTO SANZ ALZATE

ESPECIALISTA EN SISTEMAS DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

FACULTAD DE TECNOLOGÍAS

PROGRAMA TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

PEREIRA, RISARALDA

2018

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

A mis padres, ejemplos de perseverancia, por apoyarme en todo momento, aconsejarme y motivarme constantemente.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, pareja y amigos, por darme aliento en esta etapa tan importante y al docente Jorge Humberto Sanz Alzate, por orientarme en este proyecto y creer en mí como futura profesional.

CONTENIDO

Resumen / Abstract	12
Introducción	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos	13
Marco referencial y parámetros utilizados	14
Algoritmos del programa	24
Manual de uso de la interfaz	31
Anexos	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Material y tipo de conductores para redes aéreas.....	15
Figura 2. Calibres permitidos para redes aéreas.....	15
Figura 3. Demanda diversificada para más de 23 abonados.....	17
Figura 4. Conductores redes subterráneas 1 / 2.....	17
Figura 5. Conductores redes subterráneas 2 / 2.....	17
Figura 6. Materiales para redes subterráneas.....	18
Figura 7. Diagrama de flujo Botón Agregar.....	24
Figura 8. Diagrama de flujo Botón Modificar.....	25
Figura 9. Diagrama de flujo Botón Eliminar.....	26
Figura 10. Diagrama de flujo Botón Limpiar tabla.....	27
Figura 11. Diagrama de flujo Botón Calcular red 1/3.....	28
Figura 12. Diagrama de flujo Botón Calcular red 2/3.....	29
Figura 13. Diagrama de flujo Botón Calcular red 3/3.....	30
Figura 14. Ejemplo Red Aérea.....	31
Figura 15. Ventana DisC.....	32
Figura 16. Notificación al tener campos vacíos.....	33
Figura 17. Error al ingresar cero abonados.....	33
Figura 18. Error al ingresar mal una distancia decimal.....	34
Figura 19. Error al ingresar distancia cero.....	34
Figura 20. Acción botón agregar 1 / 2.....	35
Figura 21. Acción botón agregar 2 / 2.....	35
Figura 22. Tramos ingresados al programa 1 / 2.....	36
Figura 23. Tramos ingresados al programa 2 / 2.....	36
Figura 24. Proceso de modificar tramo 1 / 3.....	37
Figura 25. Proceso de modificar tramo 2 / 3.....	38
Figura 26. Proceso de modificar tramo 3 / 3.....	38
Figura 27. Proceso eliminar tramo 1 / 2.....	39

Figura 28. Proceso eliminar tramo 2 / 2.....	39
Figura 29. Proceso limpiar tabla 1 / 2.....	40
Figura 30. Proceso limpiar tabla 2 / 2.....	40
Figura 31. Grupos de botones.....	41
Figura 32. Error al no ingresar un estrato socioeconómico.....	42
Figura 33. Error al ingresar un estrato socioeconómico no válido.....	42
Figura 34. Error sin tramos de red y sin estrato asignado.....	43
Figura 35. Error sin tramos de red y estrato asignado no válido.....	43
Figura 36. Error sin tramos de red.....	44
Figura 37. Acción Calcular red 1 / 2.....	44
Figura 38. Acción Calcular red 2 / 2.....	45
Figura 39. Resultados.....	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Regulación máxima permitida.....	14
Tabla 2. Constante K para redes de baja tensión preensambladas (Aluminio).....	15
Tabla 3. Demanda diversificada acumulada por estratos socioeconómicos.....	16
Tabla 4. Calibres mínimos permitidos para redes de distribución subterráneas.....	18
Tabla 5. Contante K, para redes trifásicas de baja tensión subterráneas.....	19
Tabla 6. Constante K, para redes monofásicas de baja tensión subterráneas.....	19
Tabla 7. Tabla 310-16 de la NTC 2050.....	20
Tabla 8. Tabla 310-17 de la NTC 2050.....	21
Tabla 9. Resistencia y reactancia para Cables Múltiplex de Baja Tensión Centelsa.....	22
Tabla 10. Resistencia y reactancia para Cables de Cobre de Baja Tensión Centelsa.....	22
Tabla 11. Resistencia y reactancia para cables de Cobre y Aluminio de Baja Tensión Procables.....	23
Tabla 12. Resistencia a.c para conductores de aluminio Procables.....	23

GLOSARIO

DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA: Transferencia de energía eléctrica a los consumidores, dentro de un área específica.

RED DE DISTRIBUCIÓN: Conjunto de circuitos y subestaciones, con sus equipos asociados, destinados al servicio de los usuarios de un municipio.

CARGA: La potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito.

CORRIENTE ELÉCTRICA: Es el movimiento de cargas eléctricas entre dos puntos que no se hallan al mismo potencial, por tener uno de ellos un exceso de electrones respecto al otro.

CAPACIDAD DE CORRIENTE: Corriente máxima que puede transportar continuamente un conductor o equipo en las condiciones de uso, sin superar la temperatura nominal de servicio.

NOMINAL: Término aplicado a una característica de operación, indica los límites de diseño de esa característica para los cuales presenta las mejores condiciones de operación. Los límites siempre están asociados a una norma técnica.

EMPRESA: Unidad económica que se representa como un sistema integral con recursos humanos, de información, financieros y técnicos que producen bienes o servicios y genera utilidad.

MATERIAL: Cualquier sustancia, insumo, parte o repuesto que se transforma con su primer uso o se incorpora a un bien como parte de él.

NODO: Parte de un circuito en el cual dos o más elementos tienen una conexión común.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC): Norma técnica aprobada o adoptada como tal por el organismo nacional de normalización.

TENSIÓN: La diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores, que hace que fluyan electrones por una resistencia. Tensión es una magnitud, cuya unidad es el voltio; un error frecuente es hablar de “voltaje”.

CARGAS RESIDENCIALES: Que comprenden básicamente los edificios de apartamentos, multifamiliares, condominios, urbanizaciones, etc. Estas cargas se caracterizan por ser eminentemente resistivas (alumbrado y calefacción) y aparatos electrodomésticos de pequeñas características reactivas.

FACTOR DE POTENCIA: Es la relación entre la potencia activa (W, kW o MW) y la potencia aparente (VA, kVA, MVA), determinada en el sistema o en uno de sus componentes. La incidencia más importante del factor de potencia es en el porcentaje de pérdidas y en la regulación de voltaje y, por lo tanto, en la calidad y economía del servicio eléctrico. Para sistemas de distribución se fija un valor mínimo de 0.9 para el factor de potencia.

DEMANDA DIVERSIFICADA: La demanda coincidente es también llamada demanda diversificada y se define como la demanda de un grupo compuesto, como un conjunto de cargas no necesariamente relacionadas sobre un período especificado de tiempo.

CARGAS DE DISEÑO PARA REDES DE DISTRIBUCIÓN: Para la determinación de las cargas de diseño se partirá de las curvas de factores de demanda diversificada reales, deducidas de medidas tomadas en la red de distribución existente, debidamente ajustadas por regulación. Dichas cargas quedan materializadas en las curvas de kVA/usuario contra el número de usuarios n para cada una de las clases de consumo. La curva de carga diversificada de diseño es la proyección de la curva de carga diversificada

COBRE: Es un metal muy maleable y dúctil de color rojizo, se puede vaciar, forjar, laminar, estirar y maquinar. El trabajado en frío lo endurece, pero el recocido lo lleva de nuevo a su estado suave. La densidad varía ligeramente con el estado físico (89 es su valor promedio). Se funde a 1083 °C y en este estado tiene un color verde marino. Entra en aleación fácilmente con muchos otros metales y su conductividad eléctrica es muy sensible a la presencia de ligeras impurezas en el metal.

ALUMINIO: Es un metal dúctil, de color blanco plata que se puede fácilmente laminar, enrollar, extruir y forjar. Su densidad relativa es 2.703. El aluminio se funde a 660 °C. El aluminio tiene conductividad térmica y eléctrica relativamente altas. El metal está siempre cubierto con una película delgada de óxido que es impermeable y protectora. Por esto, el aluminio muestra estabilidad y larga vida bajo exposiciones atmosféricas ordinarias.

CONDUCTOR: Es un alambre o combinación de alambres no aislados entre sí, adecuados para transmitir corriente eléctrica.

AWG (AMERICAN WIRE GAGE): Calibre americano para alambres, se conoce también como calibre de Brown and Sharpe.

RESISTENCIA DE LOS CONDUCTORES: Indica la tasa promedio a la que la energía eléctrica se convierte en calor.

USUARIO: Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde este se presta, o como receptor directo del servicio. A este último usuario se denomina también consumidor.

ABONADOS: Usuarios conectados a la red.

DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA: Menor a 1 kV (Baja Tensión).

BAJA TENSIÓN: 240 V o 208 V.

CONDUIT: Tubo rígido metálico o no metálico, destinado para alojar conductores eléctricos.

TRAMO: Fracción de la red, ubicada entre dos nodos, denominados nodo inicial y nodo final.

RESUMEN

El presente documento recopila toda la información correspondiente al software desarrollado para este trabajo de grado, que se ha nombrado DisC, el cual tiene como objetivo realizar los cálculos correspondientes al diseño de redes de distribución de baja tensión radiales en zonas residenciales, según la normatividad de la Empresa de Energía de Pereira.

El método que utiliza el software es “Tramo a tramo o de cargas concentradas”.¹

Este documento incluye la información que se requiere para establecer los parámetros bajo los cuales se desarrollan los cálculos.

La referencia técnica del software se hace con base en las Normas de diseño y construcción para redes y subestaciones dentro del sistema eléctrico de la empresa de energía de Pereira, el Código Eléctrico Colombiano -NTC 2050- y datos de fabricantes como Centelsa y Procables.

Se adjunta un manual de uso, para que el usuario interactúe correctamente con la interfaz, comprenda su funcionamiento y obtenga los resultados deseados.

ABSTRACT

This document gathers all the information related to the software developed for this degree work, named DisC. This software has as objective to calculate data corresponding to design of low voltage radial distribution networks at residential areas, according to technical standard of electricity supplier *Empresa de energía de pereira (EEP)*.

The method that is used by this software is “Section to section or concentrated load”.

This document includes the required information to establish the parameters for the calculations to be realized.

The software’s technical reference it’s taken based on “Norms of design and construction for networks and substations in the electrical system of Energy Company of Pereira”, Colombian Electrical Code -NTC 2050- and data from manufacturers as Centelsa and Procables.

The user manual is attached. That way the user may get familiarized with the software, won’t have any problem using the interface and will get the desired results.

¹ Normas de diseño y construcción para redes y subestaciones dentro del sistema eléctrico de la empresa de energía de Pereira. Pág. 67.

INTRODUCCIÓN

Actualmente no existe una herramienta informática que realice los cálculos relacionados al diseño de redes de distribución de baja tensión radiales que pueda ser utilizado para la Empresa de Energía de Pereira, dado que esta empresa distribuidora de energía no cuenta con un programa basado en sus normas técnicas que permita desarrollar o verificar los cálculos necesarios para tal fin. Por lo tanto, se desarrolla una herramienta que permita a los diseñadores generar y/o verificar los resultados de sus memorias de cálculo, tal como ya permite la empresa distribuidora de energía CHEC, con su programa DISERED en el departamento vecino, Caldas.

Objetivo general

Desarrollar un software basado en las Normas Técnicas de la Empresa de Energía de Pereira para realizar los cálculos necesarios al momento de diseñar redes de distribución de baja tensión radiales, para zonas residenciales.

Objetivos específicos

- Identificar el algoritmo o los algoritmos necesarios en el software para el diseño de redes de distribución basado en el método “Tramo a tramo”.
- Implementar el algoritmo en un lenguaje de programación, en este caso se ha seleccionado Java, utilizando el entorno de programación NetBeans IDE 8.2.
- Desarrollar la interfaz gráfica.
- Realizar las pruebas pertinentes al programa para verificar su correcto funcionamiento.

MARCO REFERENCIAL Y PARÁMETROS UTILIZADOS

Para el diseño de una red eléctrica de distribución de baja tensión, de acuerdo con lo que establece la norma del operador de red, que en este caso es la Empresa de Energía de Pereira, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos, los cuales fueron tenidos en cuenta dentro de la programación del software junto a otros parámetros adicionales que se irán mencionando a lo largo del texto.

Elemento del Sistema	Área a Alimentar	Límites para la Regulación		Regulación Máxima Permitida (%)
		Desde	Hasta	
Transformador	Urbana, Rural			2.5
Red 240 V	Urbana	Salida transformador	Acometida a último cliente	5.0
Red 240 V	Rural	Salida transformador	Acometida a último cliente	5.0
Acometida	Urbana	Caja portabornera de derivación	Contador	0.5
Acometida	Rural	Caja portabornera de derivación	Contador	0.5
Alumbrado público	Urbano	Salida transformador	Última luminaria instalada	RETILAP (5%)

Tabla 1. Regulación máxima permitida

- Como indica la Tabla 1, la regulación máxima permitida para redes de baja tensión, desde la salida del transformador hasta la acometida al último cliente es del 5%.
Nota: En el caso de la regulación máxima permitida en el transformador, este dato fue omitido, asumiéndose para fines prácticos que no se presentan pérdidas de tensión en este elemento del sistema.

Los conductores a instalar en las redes aéreas de baja tensión, en zonas urbanas y rurales dentro del sistema eléctrico de la Empresa, serán del tipo autoportado 600 V, 90 °C, ajustados a la Norma de fabricación ICONTEC 2186. Los conductores de aluminio y el neutro portante en ACSR (alternativa AAAC), estarán aislados con polietileno reticulado (XLPE 90 °C).

Figura 1. Material y tipo de conductores para redes aéreas

- De acuerdo con la Figura 1, los conductores para redes aéreas son de tipo autoportado y el material a utilizar es únicamente Aluminio.

El mínimo calibre permitido es: $(X) \times 2 + 2$ AWG
El máximo calibre permitido es: $(X) \times 4/0 + 4/0$ AWG

Figura 2. Calibres permitidos para redes aéreas

- En el caso de redes aéreas el calibre mínimo a utilizar es 2 AWG y el máximo 4/0 AWG, esto es de vital importancia a la hora de establecer los resultados del diseño de la red.

CALIBRE (AWG)	K- TRIFÁSICA 1/(kVA.m)		K- MONOFÁSICA 1/(kVA.m)	
	FACTOR DE POTENCIA	FACTOR DE POTENCIA	FACTOR DE POTENCIA	FACTOR DE POTENCIA
	0.8	0.9	0.8	0.9
2	0.00185	0.00203	0.00279	0.00305
1/0	0.00121	0.00131	0.00182	0.00197
2/0	0.00099	0.00106	0.00149	0.00159
4/0	0.00076	0.00080	0.00111	0.00117

Tabla 2. Constante K para redes de baja tensión preensambladas (Aluminio)

- Dado que este programa sólo considera zonas residenciales, se tomaron como insumo las columnas correspondientes a factor de potencia 0.9, de la Tabla 2.

ESTRATO 1-2					ESTRATO 3-4				ESTRATO 5-6			
No Usuarios	kVA por Usuario 1-2	kVA Totales	kVA Trafo 1 ϕ	% USO	kVA por Usuario 3-4	kVA Totales	kVA Trafo 1 ϕ	% USO	kVA por Usuario 5-6	kVA Totales	kVA Trafo 1 ϕ	% USO
1	1.19	1.19	3	39.81	2.75	2.75	3	91.52	3.72	3.72	5	74.30
2	0.83	1.66	3	55.41	1.55	3.10	3	103.47	2.28	4.57	5	91.32
3	0.71	2.13	3	71.01	1.15	3.46	5	69.26	1.81	5.42	5	108.35
4	0.65	2.60	3	86.58	0.96	3.82	5	76.43	1.57	6.27	5	125.37
5	0.61	3.06	3	102.15	0.90	4.50	5	90.00	1.42	7.12	5	142.40
6	0.59	3.53	3	117.72	0.85	5.09	5	101.74	1.33	7.97	10	79.70
7	0.57	4.00	3	133.35	0.81	5.68	5	113.53	1.26	8.82	10	88.19
8	0.56	4.47	3	148.92	0.78	6.25	10	62.53	1.21	9.65	10	96.47
9	0.55	4.94	5	98.74	0.76	6.85	10	68.53	1.17	10.52	10	105.22
10	0.54	5.40	5	108.09	0.74	7.44	10	74.43	1.14	11.37	10	113.72
11	0.53	5.87	5	117.32	0.73	8.03	10	80.29	1.11	12.22	10	122.25
12	0.53	6.34	5	126.79	0.72	8.62	10	86.18	1.09	13.08	10	130.77
13	0.52	6.81	5	136.19	0.71	9.21	10	92.08	1.07	13.93	10	139.28
14	0.52	7.28	5	145.53	0.70	9.80	10	97.97	1.06	14.78	15	98.53
15	0.52	7.74	10	77.42	0.69	10.38	10	103.82	1.04	15.62	15	104.17
16	0.51	8.21	10	82.08	0.69	10.97	10	109.73	1.03	16.48	15	109.84
17	0.51	8.68	10	86.75	0.68	11.56	10	115.59	1.02	17.33	15	115.55
18	0.51	9.14	10	91.45	0.68	12.15	15	81.00	1.01	18.18	15	121.18
19	0.51	9.61	10	96.10	0.67	12.74	15	84.93	1.00	19.03	15	126.88
20	0.50	10.08	10	100.80	0.67	13.33	15	88.86	0.99	19.88	15	132.55
21	0.50	10.55	10	105.46	0.66	13.91	15	92.74	0.99	20.73	15	138.20
22	0.50	11.02	10	110.19	0.66	14.50	15	96.69	0.98	21.59	25	86.34
23	0.50	11.49	10	114.89	0.66	15.09	15	100.60	0.98	22.43	25	89.72

Tabla 3. Demanda diversificada acumulada por estratos socioeconómicos

- La tabla de demanda diversificada de la empresa de energía de Pereira permite establecer los kVA correspondientes a cada tramo de la red.

Si el número de abonados es mayor a 23, la demanda total (DT) se calcula por medio de las expresiones (3):

$$\text{Estratos 5 y 6 : } DT = N_a \times 0.98$$

$$\text{Estratos 3 y 4 : } DT = N_a \times 0.66$$

$$\text{Estratos 1 y 2 : } DT = N_a \times 0.50$$

Donde:

DT = Demanda Total acumulada, kVA

N_a = Número de abonados

Figura 3. Demanda diversificada para más de 23 abonados

- Como muestra la Figura 3, en caso de tener más de 23 abonados en un tramo de la red, la demanda total en kVA se halla aplicando un factor de multiplicación según el estrato socioeconómico.

La Empresa solo recibe conductores alojados en ductos o en cárcamos y por lo tanto este Reglamento se refiere a esas técnicas, no permitiéndose los cables directamente sepultados.

Figura 4. Conductores redes subterráneas 1 / 2

Se acepta el uso de tubos corrugados de PVC de doble pared (tipo TDP) o de polietileno de alta densidad. Los ductos deben hallarse en perfecto estado a simple vista, no presentar: perforaciones, fisuras, desintegración en escamas, deformaciones en el sentido del eje del ducto (curvatura) ni en el sentido diametral del ducto (disminución del diámetro), líneas de falla, signos de maltrato, etc.

Figura 5. Conductores redes subterráneas 2 / 2

- Como muestran las Figuras 4 y 5, la norma aclara que los conductores para redes subterráneas deben estar alojados en ductos, lo cual se tendrá en cuenta a la hora de determinar la resistencia de los conductores, tomando para este valor el correspondiente en el catálogo a ducto en PVC, dado que éste es permitido por la norma y es muy utilizado al resultar menos costoso que otros materiales.

Las redes subterráneas de baja tensión, emplearán conductores de cobre o de aluminio serie AA8000 aislados (siempre que el cable esté certificado para uso subterráneo).

Figura 6. Materiales para redes subterráneas

- A diferencia de las redes aéreas, las redes subterráneas pueden tener conductores tanto de cobre como de aluminio, tal como indica la Figura 6.

Los calibres mínimos en las redes subterráneas de la Empresa serán:	
Tensión nominal de la red	Calibre mínimo
240 V/208 V	No. 2 AWG (Cobre) No. 1/0 AWG (Aluminio serie AA8000)
13.2 kV	No. 1/0 AWG (Cobre) No. 1/0 AWG (Aluminio serie AA8000)
33 kV	No.1/0 AWG (Cobre) No.1/0 AWG (Aluminio serie AA8000)

Tabla 4. Calibres mínimos permitidos para redes de distribución subterráneas

- De acuerdo a la Tabla 4, para redes subterráneas los calibres mínimos a utilizar son 2 AWG en cobre y 1/0 AWG en aluminio.

Red trifásica, 208 V/120 V:

Calibre conductor AWG	Aluminio serie AA 8000	Cobre
4	3.5911×10^{-3}	2.2548×10^{-3}
2	2.3021×10^{-3}	1.4588×10^{-3}
1/0	1.4893×10^{-3}	0.9585×10^{-3}
2/0	1.2040×10^{-3}	0.7799×10^{-3}
4/0	0.7974×10^{-3}	0.5310×10^{-3}

Tabla 5. Contante K, para redes trifásicas de baja tensión subterráneas

Red monofásica, 240 V/120 V:

Calibre Conductor AWG	Aluminio serie AA 8000	Cobre
4	5.3683×10^{-3}	3.3609×10^{-3}
2	3.4319×10^{-3}	2.1651×10^{-3}
1/0	2.2109×10^{-3}	1.4135×10^{-3}
2/0	1.7824×10^{-3}	1.1452×10^{-3}
4/0	1.1715×10^{-3}	0.7713×10^{-3}

Tabla 6. Constante K, para redes monofásicas de baja tensión subterráneas

Adicional a la información utilizada de las Normas de diseño y construcción para redes y subestaciones dentro del sistema eléctrico de la empresa de energía de Pereira, se usaron las siguientes tablas de la NTC 2050, con la finalidad de establecer la corriente nominal que podrá soportar cada calibre de conductor según su material y el tipo de red, ya sea subterránea o aérea.

Con el fin de aclarar los parámetros utilizados en el software, es de recordar que a una corriente igual o menor a 100 A se trabaja con los datos de la columna de 60°C que es la temperatura aproximada que disipará el conductor, y para corrientes mayores a 100 A se trabaja con los datos de la columna de 75°C.

Además, para fines prácticos se trabajó como temperatura ambiente 30°C, no siendo necesario realizar ningún tipo de corrección por temperatura.

Tabla 310-16 Capacidad de corriente permisible en conductores aislados para 0 a 2 000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o tierra (directamente enterrados) y temperatura ambiente de 30 °C.

Sección transv.	Temperatura nominal del conductor (ver Tabla 310-13)						Calibre
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
	TIPOS TW*, UF*	TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*, ZW*	TIPOS TBS, SA, SS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW*, XHHW-2, ZW-2	TIPOS TW*, UF*	TIPOS RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, USE*	TIPOS TBS, SA, SS, THHN*, THHW*, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm²	COBRE			ALUMINIO 0 ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG o kcmils
0,82	--	--	14	--	--	--	18
1,31	--	--	18	--	--	--	16
2,08	20*	20*	25	--	--	--	14
3,30	25*	25*	30*	20*	20*	25*	12
5,25	30	35*	40*	25	30*	35*	10
8,36	40	50	55	30	40	45	8
13,29	55	65	75	40	50	60	6
21,14	70	85	95	55	65	75	4
26,66	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,20	110	130	150	85	100	115	1
53,50	125	150	170	100	120	135	1/0
67,44	145	175	195	115	135	150	2/0
85,02	165	200	225	130	155	175	3/0
107,21	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,02	400	475	535	320	385	435	750
405,36	410	490	555	330	395	450	800
456,03	435	520	585	355	425	480	900
506,70	455	545	615	375	445	500	1.000
633,38	495	590	665	405	485	545	1.250
760,05	520	625	705	435	520	585	1.500
886,73	545	650	735	455	545	615	1.750
1.013,40	560	665	750	470	560	630	2.000

Tabla 7. Tabla 310-16 de la NTC 2050

Tabla 310-17 Capacidad de corriente permisible de conductores sencillos aislados para 0 a 2 000 V nominales al aire libre y temperatura ambiente de 30 °C

Sección transv.	Temperatura nominal del conductor (ver Tabla 310-13)						Calibre
	60 °C TIPOS TW*, UF*	75 °C TIPOS FEPW*, RH*, RHW*, THHW*, THW*, THWN*, XHHW*, ZW*	90 °C TIPOS TBS, SA, SIS, FEP*, FEPB*, MI, RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THWN-2*, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	60 °C TIPOS TW*, UP	75 °C TIPOS RH*, RHW, THHW, THW, THWN*, XHHW, USE*	90 °C TIPOS TBS, SA, SIS, THHN*, THHW, THW-2, THWN-2, RHH*, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	
mm²	COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			AWG kcmils
0,82	--	--	18	--	--	--	18
1,31	--	--	24	--	--	--	16
2,08	25*	30*	35*	--	--	--	14
3,30	30*	35*	40*	25*	30*	35*	12
5,25	40	50*	55*	35*	40*	40*	10
8,36	60	70	80	45	55	60	8
13,29	80	95	105	60	75	80	6
21,14	105	125	140	80	100	110	4
26,66	120	145	165	95	115	130	3
33,62	140	170	190	110	135	150	2
42,20	165	195	220	130	155	175	1
53,50	195	230	260	150	180	205	1/0
67,44	225	265	300	175	210	235	2/0
85,02	260	310	350	200	240	275	3/0
107,21	300	360	405	235	280	315	4/0
126,67	340	405	455	265	315	355	250
152,01	375	445	505	290	350	395	300
177,34	420	505	570	330	395	445	350
202,68	455	545	615	355	425	480	400
253,35	515	620	700	405	485	545	500
304,02	575	690	780	455	540	615	600
354,69	630	755	855	500	595	675	700
380,02	655	785	855	515	620	700	750
405,36	680	815	920	535	645	725	800
456,03	730	870	985	580	700	785	900
506,70	780	935	1.055	625	750	845	1000
633,38	890	1.065	1.200	710	855	960	1250
760,05	980	1.175	1.325	795	950	1075	1500
886,73	1070	1.280	1.445	875	1050	1185	1750
1 013,40	1155	1.385	1560	960	1150	1335	2000

Tabla 8. Tabla 310-17 de la NTC 2050

Finalmente, se usaron los siguientes datos de los fabricantes Centelsa y Procables.

Nota: Todos los documentos fuente se encontrarán en la sección de anexos al final del documento.

Resistencia eléctrica c.a. y reactancia inductiva para Cables de Aluminio tipo Múltiplex para 600V a 60Hz. Instalación aérea autoportada				
Calibre AWG	Resistencia a corriente alterna R (ohm/km)		Reactancia inductiva X _L (ohm/km)	
	75°C	90°C	Triplex	Cuádruplex
4	1.666	1.748	0.103	0.116
2	1.048	1.100	0.098	0.112
1/0	0.659	0.692	0.095	0.109
2/0	0.523	0.549	0.093	0.107
3/0	0.415	0.436	0.091	0.105
4/0	0.329	0.346	0.090	0.103

Tabla 9. Resistencia y reactancia para Cables Múltiplex de Baja Tensión Centelsa

Resistencia eléctrica c.a. y reactancia inductiva para Cables de Cobre, instalación trifásica para 600V a 60Hz y 75°C. Tres conductores sencillos en tubo conduit					
Calibre AWG / kcmil	Resistencia a corriente alterna R (ohm/km)			Reactancia Inductiva X _L (ohm/km)	
	Conduit de PVC	Conduit de Aluminio	Conduit de Acero	Conduit de PVC o Aluminio	Conduit de Acero
14	10.17	10.17	10.17	0.190	0.240
12	6.56	6.56	6.56	0.177	0.223
10	3.94	3.94	3.94	0.164	0.207
8	2.56	2.56	2.56	0.171	0.213
6	1.61	1.61	1.61	0.167	0.210
4	1.02	1.02	1.02	0.157	0.197
2	0.623	0.656	0.656	0.148	0.187
1/0	0.394	0.427	0.394	0.144	0.180
2/0	0.328	0.328	0.328	0.141	0.177
3/0	0.253	0.269	0.259	0.138	0.171
4/0	0.203	0.219	0.207	0.135	0.167
250	0.171	0.187	0.177	0.135	0.171
350	0.125	0.141	0.128	0.131	0.164
500	0.089	0.105	0.095	0.128	0.157

Tabla 10. Resistencia y reactancia para Cables de Cobre de Baja Tensión Centelsa

Impedancia Z. Para calcular la caída de tensión de circuitos, tres conductores en conduit.

Los valores de resistencia y reactancia son válidos para cables 600 V, 75 °C, 60Hz

Calibre AWG o kcmil	Material del ducto	Reactancia (X)l para conductores de Al o Cu	Resistencia c.a. para conductores de cobre	Resistencia c.a. para conductores de aluminio	Z Efectiva con FP 0,85		Z Efectiva con FP 0,9		Z Efectiva con FP 1,0	
					Conductores de cobre Z	Conductores de aluminio Z	Conductores de cobre Z	Conductores de aluminio Z	Conductores de cobre Z	Conductores de aluminio Z
1/0	PVC	0,1444	0,3937	0,6562	0,411	0,634	0,417	0,653	0,394	0,656
	Alum	0,1444	0,4265	0,6890	0,439	0,662	0,447	0,683	0,427	0,689
	Acero	0,1804	0,3937	0,6562	0,430	0,653	0,433	0,669	0,394	0,656
2/0	PVC	0,1411	0,3281	0,5249	0,353	0,521	0,357	0,534	0,328	0,525
	Alum	0,1411	0,3281	0,5249	0,353	0,521	0,357	0,534	0,328	0,525
	Acero	0,1772	0,3281	0,5249	0,372	0,540	0,373	0,550	0,328	0,525
4/0	PVC	0,1345	0,2034	0,3281	0,244	0,350	0,242	0,354	0,203	0,328
	Alum	0,1345	0,2198	0,3609	0,258	0,378	0,258	0,383	0,220	0,361
	Acero	0,1673	0,2067	0,3281	0,264	0,367	0,259	0,368	0,207	0,328

Tabla 11. Resistencia y reactancia para cables de Cobre y Aluminio de Baja Tensión Procables

Calibre AWG o kcmil	Material del ducto	Resistencia c.a. para conductores de aluminio
1/0	PVC	0,6562
	Alum	0,6890
	Acero	0,6562
2/0	PVC	0,5249
	Alum	0,5249
	Acero	0,5249
4/0	PVC	0,3281
	Alum	0,3609
	Acero	0,3281

Tabla 12. Resistencia a.c para conductores de aluminio Procables

Para calcular las pérdidas por efecto joule se tiene en cuenta lo siguiente:

- Para redes aéreas se usan los valores de resistencia para 75°C de la Tabla 9.
- Para redes subterráneas habrá dos casos, para redes con conductor de cobre se utilizan los valores de resistencia para Conduit de PVC consignados en la Tabla 10, y para conductor de aluminio se utilizan los valores de resistencia para ducto de PVC que se encuentran en la Tabla 12, la cual es un fragmento de la Tabla 11.

ALGORITMOS DEL PROGRAMA

Con la finalidad de explicar brevemente los procesos que realiza el programa, a continuación, se muestran los diagramas de flujo correspondientes a los algoritmos ejecutados al accionar cada uno de los botones disponibles en la interfaz del programa.

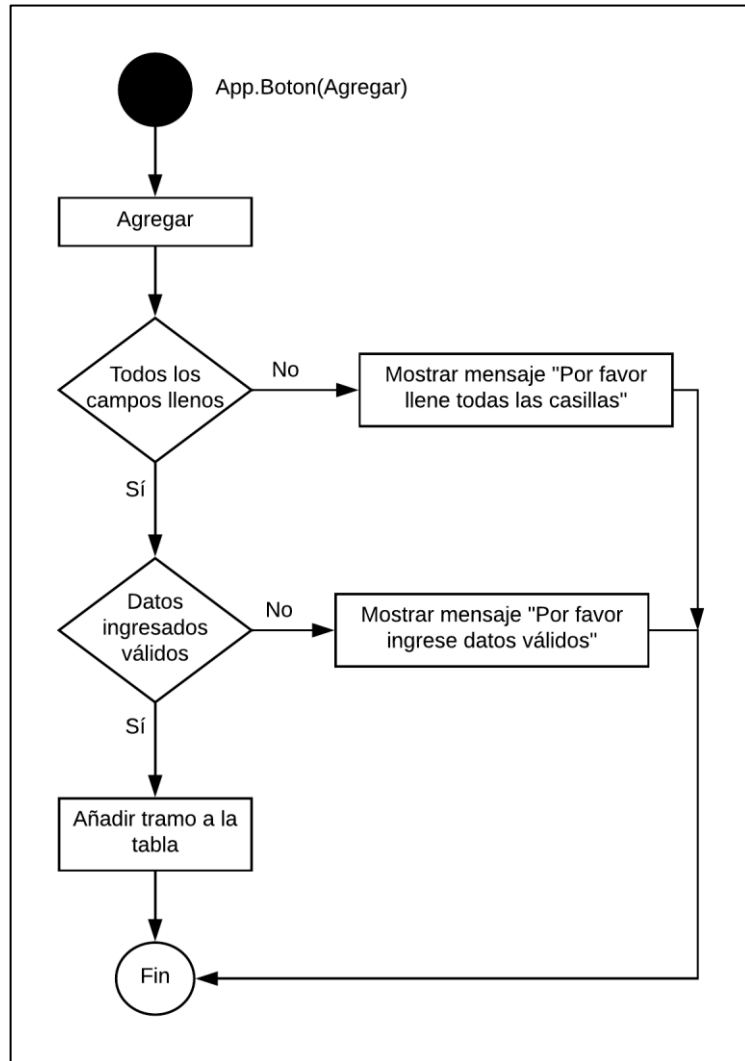


Figura 7. Diagrama de flujo Botón Agregar

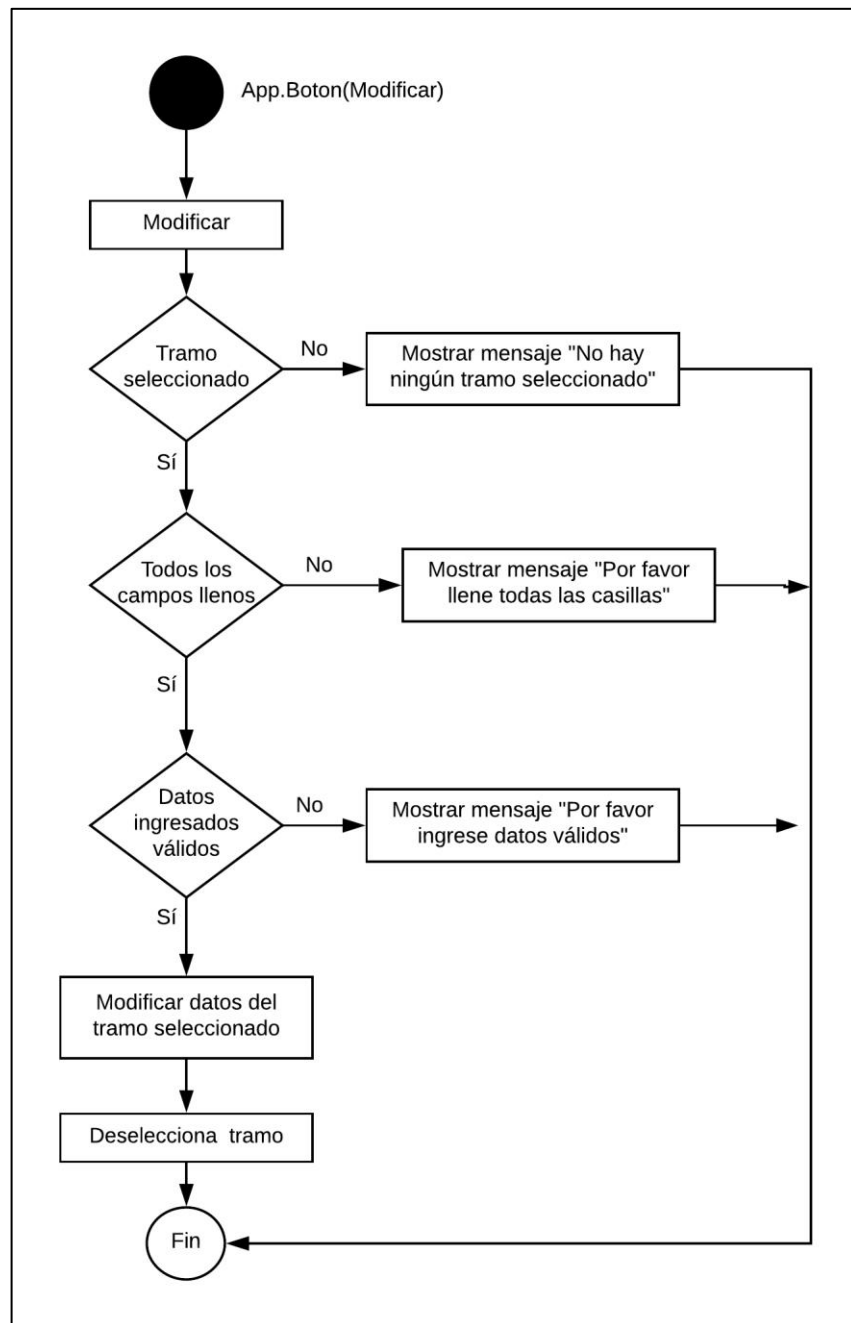


Figura 8. Diagrama de flujo Botón Modificar

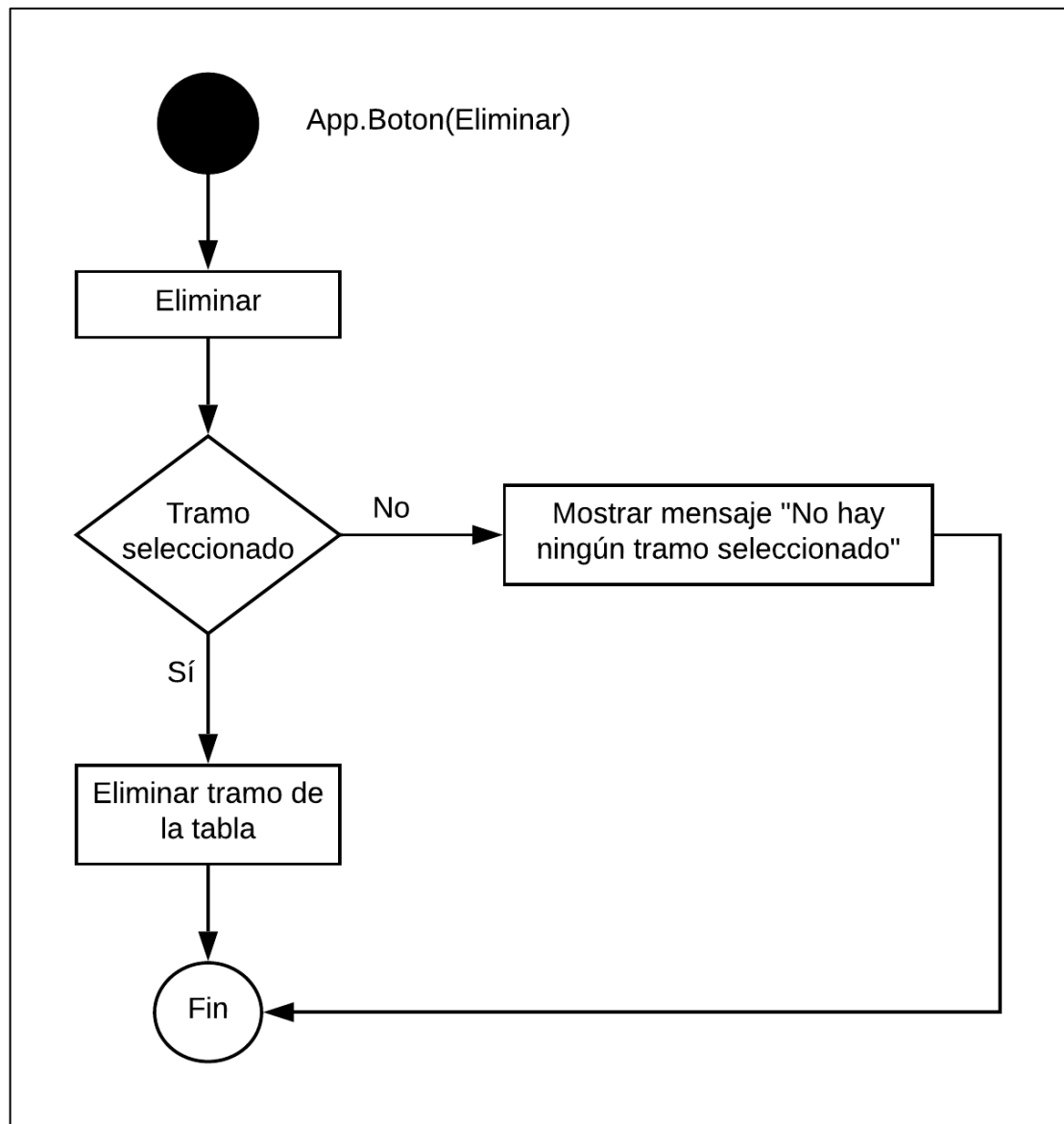


Figura 9. Diagrama de flujo Botón Eliminar

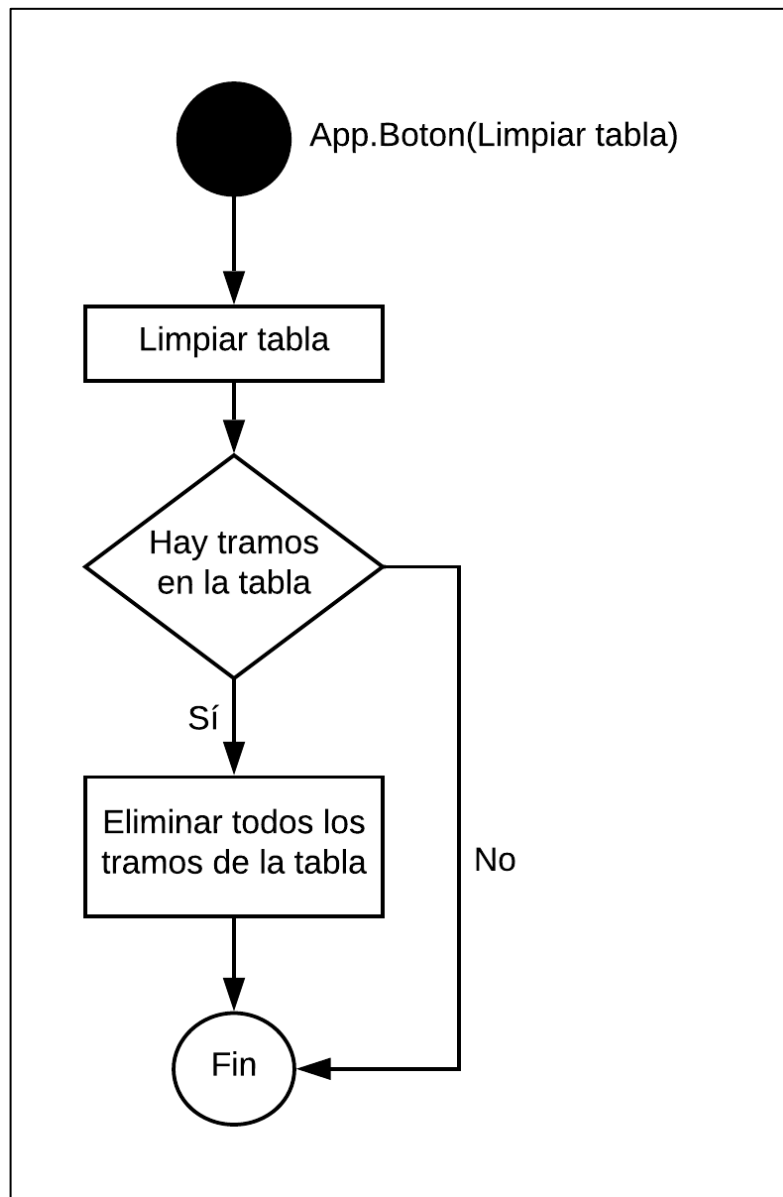


Figura 10. Diagrama de flujo Botón Limpiar tabla

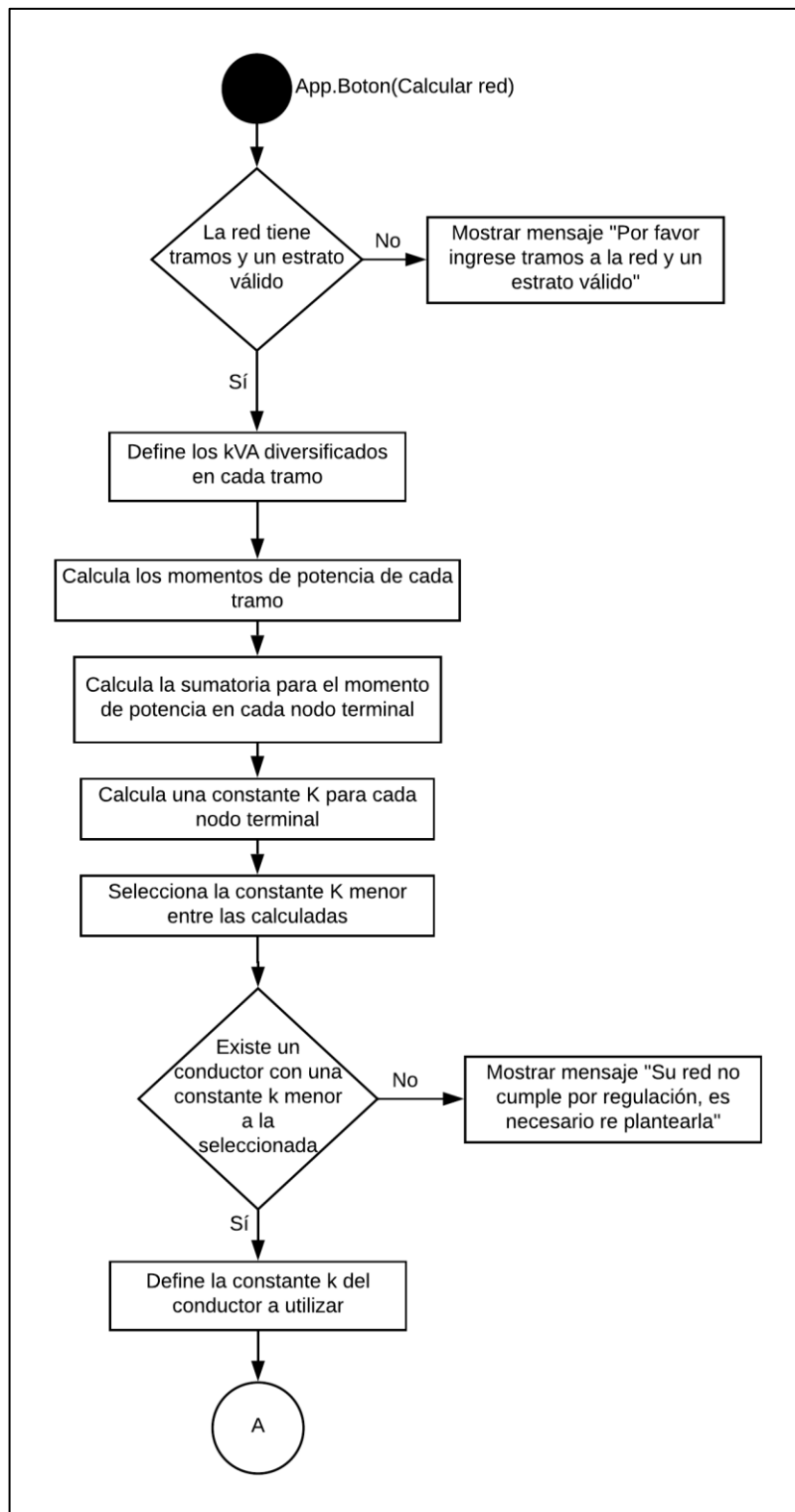


Figura 11. Diagrama de flujo Botón Calcular red 1/3

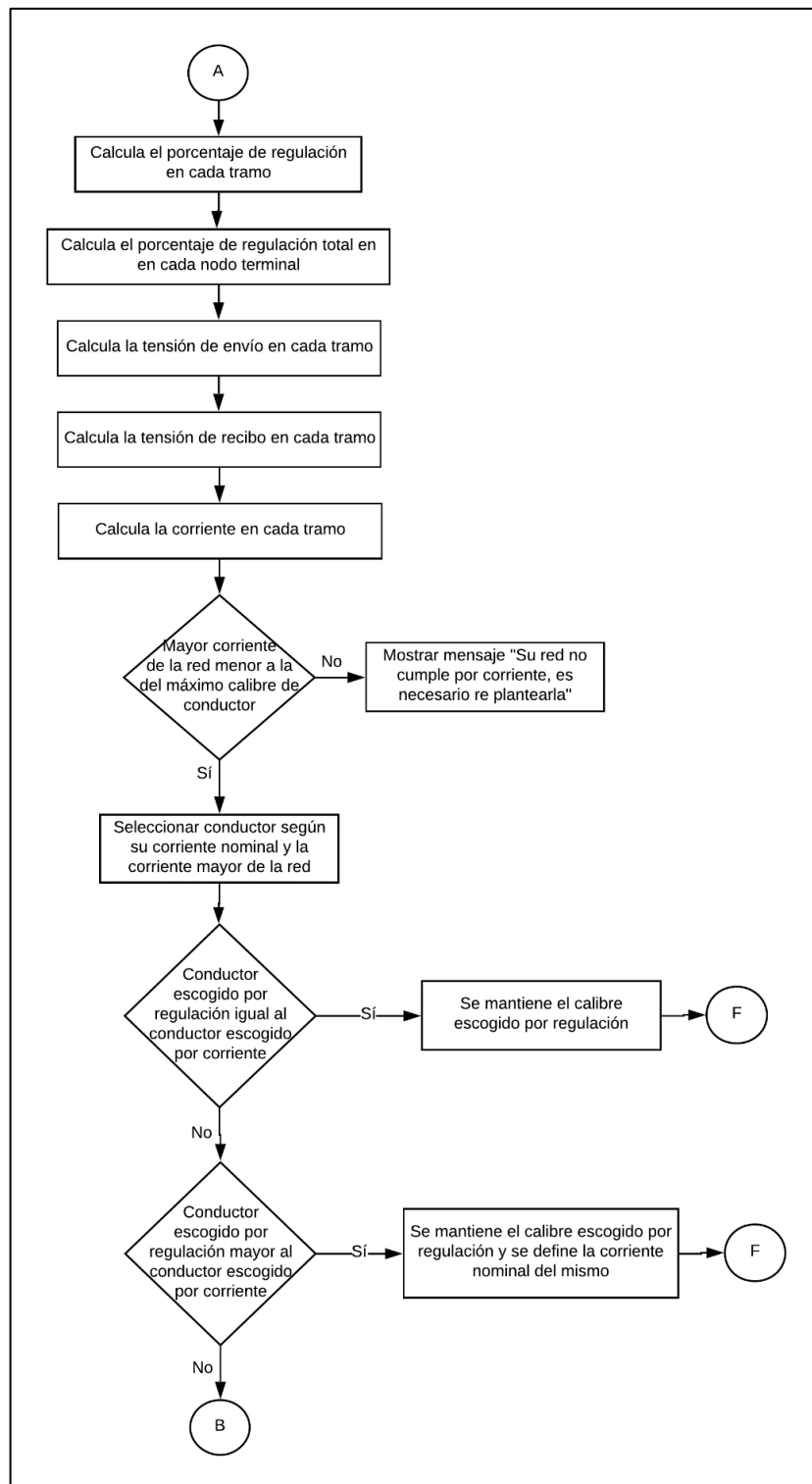


Figura 12. Diagrama de flujo Botón Calcular red 2/3

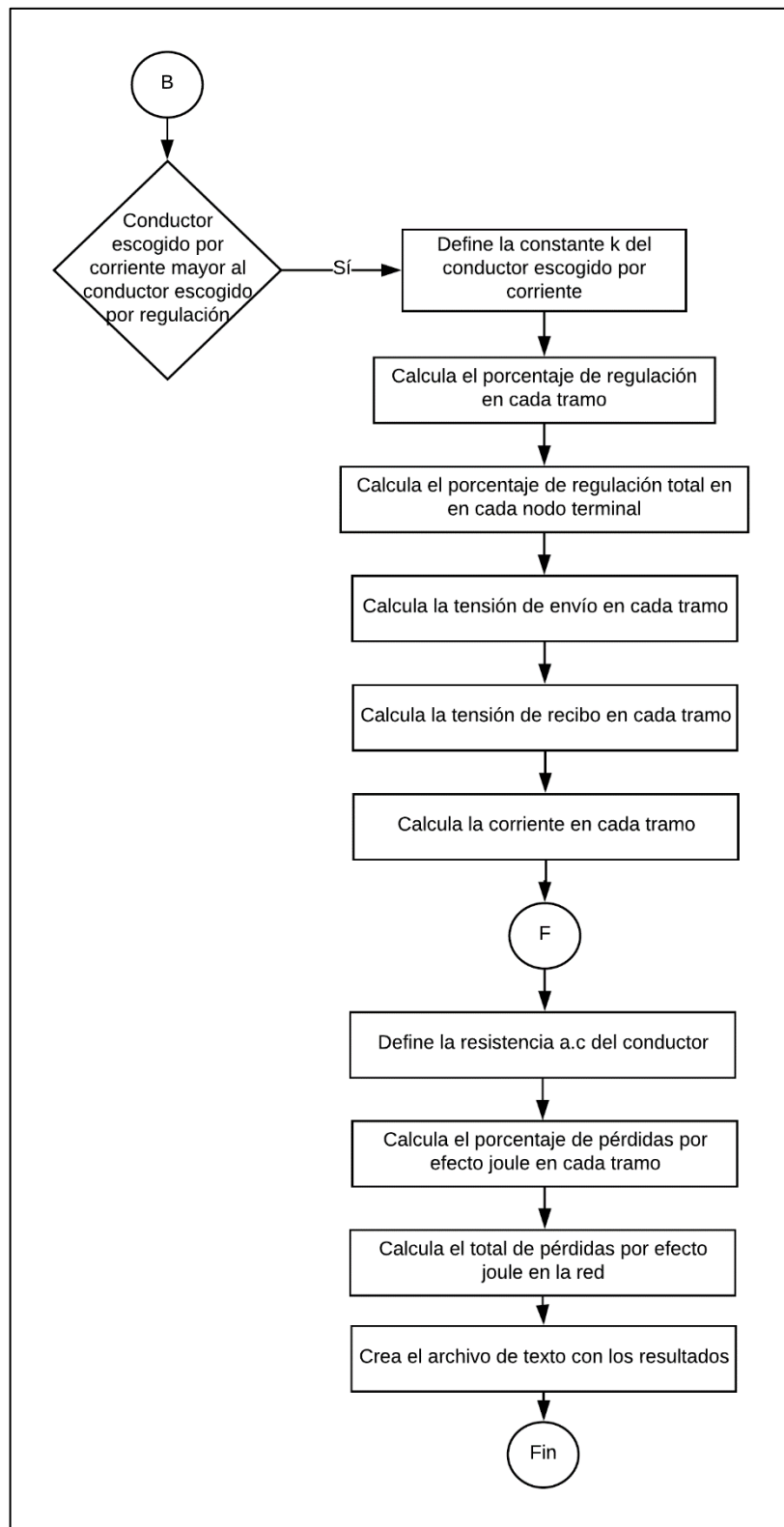


Figura 13. Diagrama de flujo Botón Calcular red 3/3

MANUAL DE USO DE LA INTERFAZ

Para entender a cabalidad el funcionamiento del programa, se presentará un ejemplo detallado de cómo manejar el software a través de su interfaz ingresando una red al mismo para obtener los cálculos.

Inicialmente, tomaremos el esquema de la siguiente red aérea.

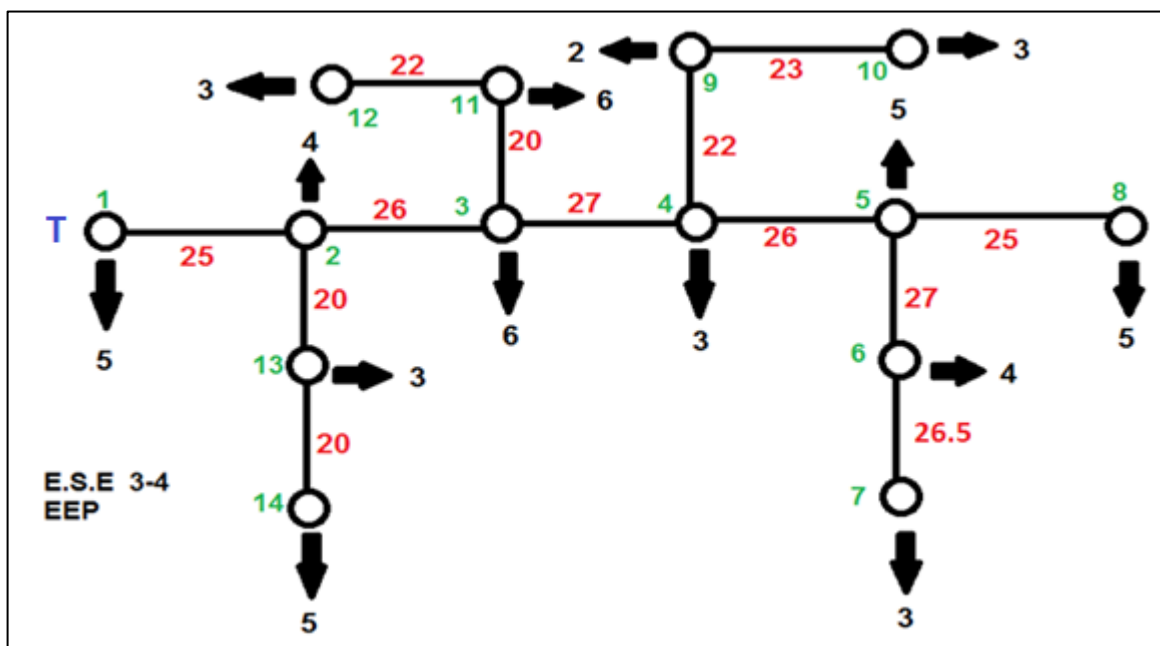


Figura 14. Ejemplo Red Aérea

Como indica la Figura 14, es una red con estrato socioeconómico 3-4, que cumple con las debidas distancias entre postes, escritas en color rojo.

Nota: Detalles constructivos como las distancias máximas entre postes deben ser tenidos en cuenta por el usuario, pues el programa no hará ninguna verificación al respecto, al ser esto diferente para redes subterráneas y aéreas.

Procedemos a abrir el programa, para lo cual es necesario tener instalado Java en el computador que vayamos a ejecutar el mismo.

Si aún no tiene Java instalado en su computador puede acceder al siguiente link para descargarlo de forma gratuita: <https://www.java.com/es/>

Al ejecutar el programa se abrirá la siguiente ventana:

Ingrese la información de los tramos de la red

Nodo inicial Nodo final Distancia [m] Abonados

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
--------------	------------	---------------	----------

☐ Red aérea
☒ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor
☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingrese el estrato

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Figura 15. Ventana DisC

Ahora, lo primero será añadir los tramos de la red, en este punto, es importante aclarar que, en el primer tramo, que empieza en el transformador, se debe poner como nodo inicial la letra "T" o "t", la cual hace referencia al transformador, además, los tramos deberán ingresarse haciendo un recorrido desde el transformador hacia los nodos terminales, recordando que en el método "Tramo a tramo" o de cargas concentradas la cantidad de abonados en el tramo serán los vistos desde el nodo inicial, sin incluir los ubicados en el mismo, en adelante.

Para ingresar los tramos es necesario ingresar el nodo inicial, el nodo final, la distancia en metros y la cantidad de abonados. En caso de que la distancia tenga números decimales se tendrá que hacer la separación con un punto.

Al tener todos los datos se hará clic en el botón agregar, y automáticamente se creará el elemento correspondiente en la tabla. Es necesario tener todas las casillas diligenciadas con datos válidos, es decir los abonados deberán ser una cantidad entera mayor a cero y la distancia mayor a cero, podrá ser entera o decimal indicado con un punto. En caso de algún error saldrá una ventana de notificación, posterior se deberán diligenciar correctamente los datos y volver a dar clic al botón agregar.

Ingresa la información de los tramos de la red

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
T	1	2	

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
<div> <div>Mensaje</div> <div> <p>Por favor llene todas las casillas</p> <input type="button" value="Aceptar"/> </div> </div>			

☒ Red aérea
☐ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor
☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingrese el estrato

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Figura 16. Notificación al tener campos vacíos

Ingresa la información de los tramos de la red

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
T	1	2	0

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
<div> <div>Mensaje</div> <div> <p>Por favor ingrese una cantidad de abonados válida</p> <input type="button" value="Aceptar"/> </div> </div>			

☒ Red aérea
☐ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor
☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingrese el estrato

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Figura 17. Error al ingresar cero abonados

Ingresa la información de los tramos de la red

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
T	1	26.5.4	57

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
<div> <div>Mensaje</div> <div> <p>Por favor ingrese una distancia válida</p> <input type="button" value="Aceptar"/> </div> </div>			

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

☒ Red aérea
☐ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor

☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingresa el estrato

Figura 18. Error al ingresar mal una distancia decimal

Ingresa la información de los tramos de la red

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
T	1	0	57

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
<div> <div>Mensaje</div> <div> <p>Por favor ingrese una distancia válida</p> <input type="button" value="Aceptar"/> </div> </div>			

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

☒ Red aérea
☐ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor

☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingresa el estrato

Figura 19. Error al ingresar distancia cero

Ingresa la información de los tramos de la red

☒ Red aérea
☐ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor

☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingresa el estrato

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
T	1	2	57

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Figura 20. Acción botón agregar 1 / 2

Ingresa la información de los tramos de la red

☒ Red aérea
☐ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor

☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingresa el estrato

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
T	1	2	57

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Figura 21. Acción botón agregar 2 / 2

Ingrese la información de los tramos de la red

Nodo inicial Nodo final Distancia [m] Abonados

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
T	1	2	57
1	2	25	52
2	3	26	40
3	4	27	25
4	5	26	17
5	6	27	7
6	7	26.5	3
5	8	25	5
4	9	22	5

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

☒ Red aérea
☐ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor
☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingrese el estrato

Figura 22. Tramos ingresados al programa 1 / 2

Ingrese la información de los tramos de la red

Nodo inicial Nodo final Distancia [m] Abonados

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
5	6	27	7
6	7	26.5	3
5	8	25	5
4	9	22	5
9	10	23	3
3	11	20	9
11	12	22	3
2	13	20	8
13	14	20	6

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

☒ Red aérea
☐ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

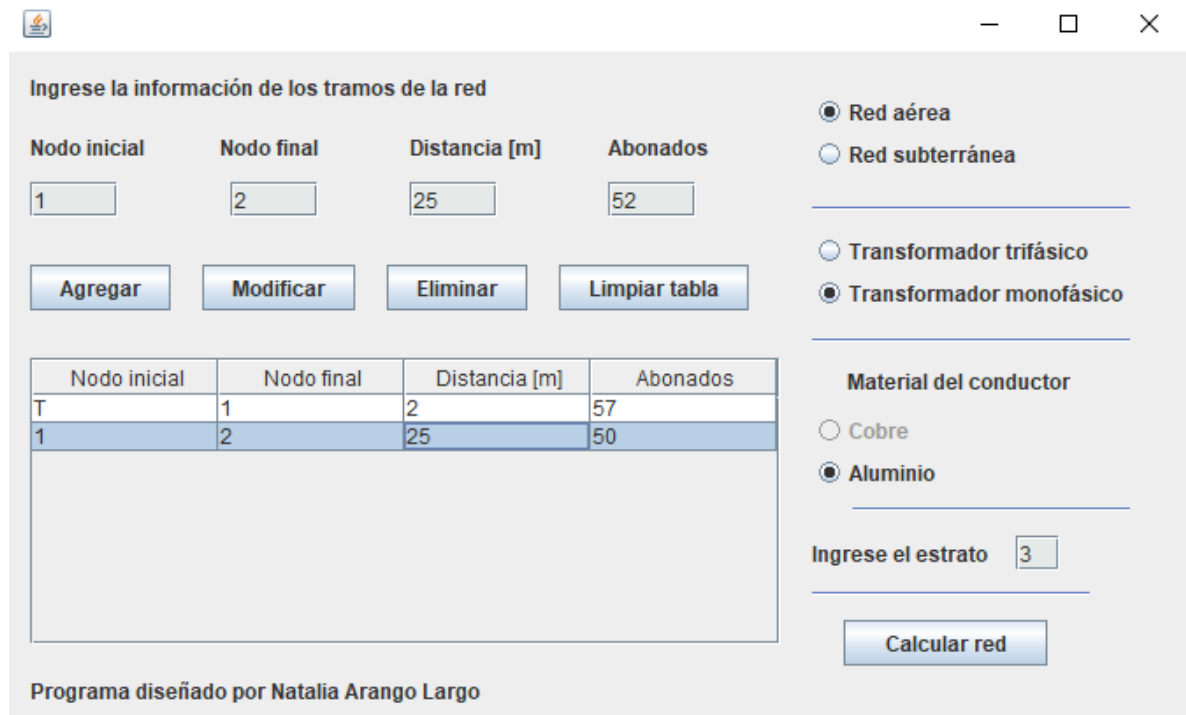
Material del conductor
☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingrese el estrato

Figura 23. Tramos ingresados al programa 2 / 2

Luego de observar el proceso de agregar tramos a la red, quedan otros tres botones con acciones relacionadas a la tabla donde se almacenan los mismos.

Para cambiar datos de un tramo, en caso de haber diligenciado información errónea, se debe hacer clic sobre él, diligenciar las casillas correspondientes bajo las mismas condiciones al momento de agregar un tramo y luego hacer clic sobre el botón modificar. Inmediatamente se podrá observar cómo la nueva información fue almacenada.



Ingrese la información de los tramos de la red

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
1	2	25	52

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
T	1	2	57
1	2	25	50

☒ Red aérea
☐ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor

☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingrese el estrato

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Figura 24. Proceso de modificar tramo 1 / 3

Ingrese la información de los tramos de la red

Nodo inicial: 1 Nodo final: 2 Distancia [m]: 25 Abonados: 52

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
T	1	2	57
1	2	25	50

☒ Red aérea
☐ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor

☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingrese el estrato: 3

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Figura 25. Proceso de modificar tramo 2 / 3

Ingrese la información de los tramos de la red

Nodo inicial: Nodo final: Distancia [m]: Abonados:

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
T	1	2	57
1	2	25	52

☒ Red aérea
☐ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor

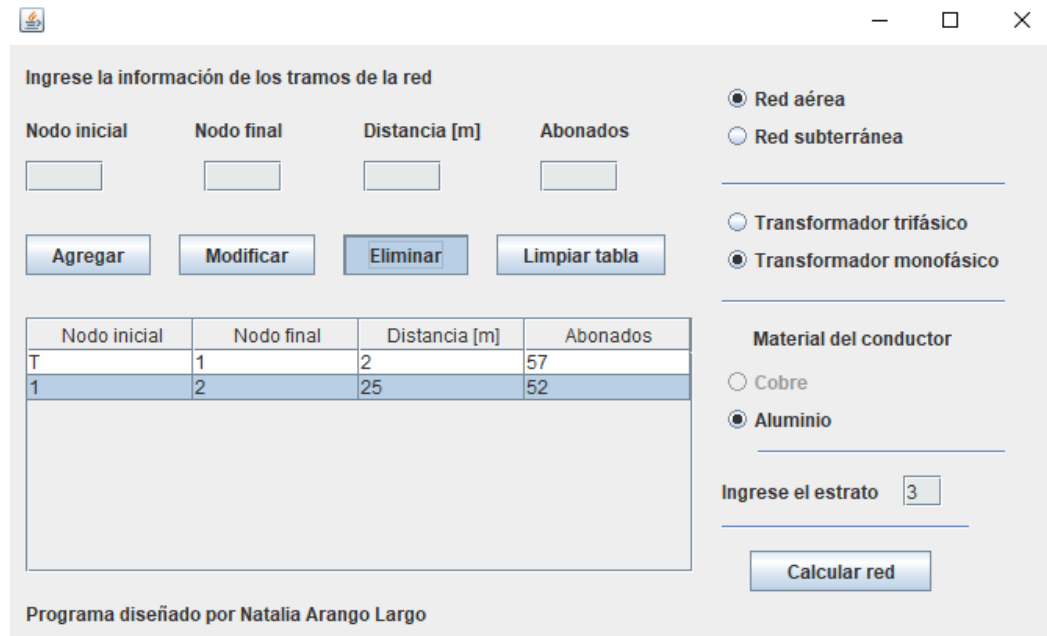
☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingrese el estrato: 3

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Figura 26. Proceso de modificar tramo 3 / 3

Para eliminar un tramo de la tabla basta con seleccionarlo haciendo clic sobre él y luego hacer clic en el botón Eliminar.



Ingresa la información de los tramos de la red

Nodo inicial: Nodo final: Distancia [m]: Abonados:

Agregar **Modificar** **Eliminar** **Limpiar tabla**

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
T	1	2	57
1	2	25	52

☒ Red aérea
☐ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

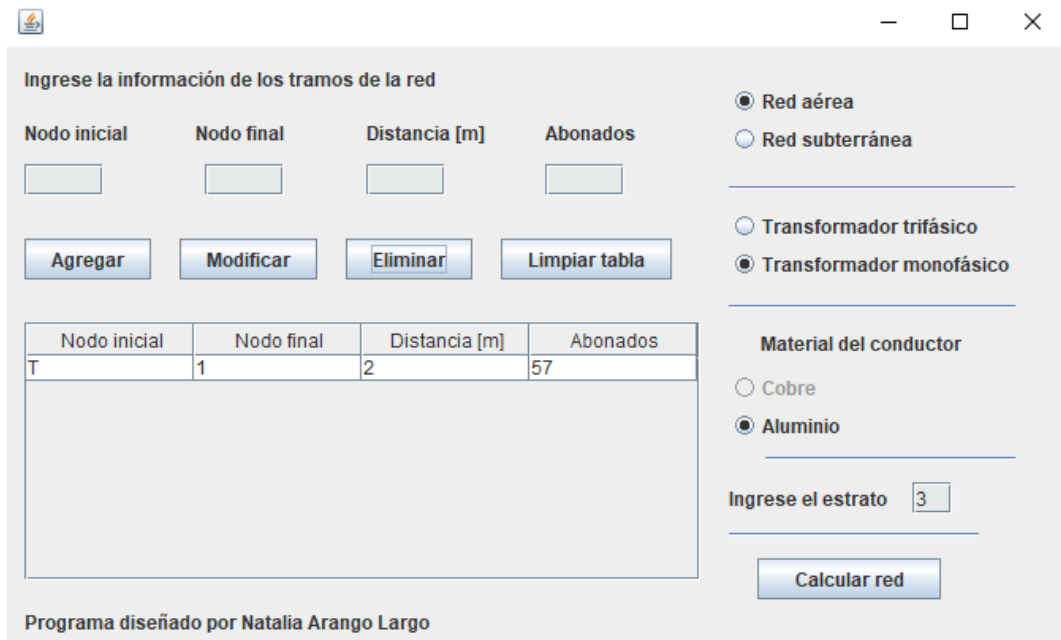
Material del conductor
☐ Cobre
☒ Aluminio

 Ingrese el estrato:

Calcular red

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Figura 27. Proceso eliminar tramo 1 / 2



Ingresa la información de los tramos de la red

Nodo inicial: Nodo final: Distancia [m]: Abonados:

Agregar **Modificar** **Eliminar** **Limpiar tabla**

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
T	1	2	57

☒ Red aérea
☐ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor
☐ Cobre
☒ Aluminio

 Ingrese el estrato:

Calcular red

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Figura 28. Proceso eliminar tramo 2 / 2

Si se desea eliminar toda la información de la tabla, basta con hacer clic en el botón Limpiar tabla.

Ingrese la información de los tramos de la red

Nodo inicial Nodo final Distancia [m] Abonados

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
T	1	2	57
1	2	25	52
2	3	26	40
3	4	27	25
4	5	26	17
5	6	27	7
6	7	26.5	3
5	8	25	5
4	9	22	5

☒ Red aérea
☐ Red subterránea
☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor

☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingrese el estrato

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Figura 29. Proceso limpiar tabla 1 / 2

Ingrese la información de los tramos de la red

Nodo inicial Nodo final Distancia [m] Abonados

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
--------------	------------	---------------	----------

☒ Red aérea
☐ Red subterránea
☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor

☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingrese el estrato

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Figura 30. Proceso limpiar tabla 2 / 2

Continuando con la parte derecha de la interfaz, hay una serie de datos que debemos proporcionar para establecer el tipo de red que estamos diseñando.

Para ello se crearon tres grupos de botones y un campo de texto adicional para diligenciar.

El primer grupo de botones corresponde al tipo de red, que podrá ser aérea o subterránea.

El segundo grupo de botones corresponde al tipo de transformador, que podrá ser monofásico o trifásico.

El tercer y último grupo de botones corresponde al material del conductor a utilizar, en caso de tener una red subterránea se podrá seleccionar cobre o aluminio, pero en caso de tener una red aérea el material será aluminio por defecto, auto seleccionándose esta opción y bloqueando la de cobre.

Ingrese la información de los tramos de la red

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
--------------	------------	---------------	----------

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
--------------	------------	---------------	----------

☒ Red aérea
☐ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor
☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingrese el estrato

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Figura 31. Grupos de botones

Con respecto al campo de texto adicional, este corresponde al estrato socioeconómico de la zona donde se construirá la red, para ello sólo serán válidas las opciones 1,2,3,4,5 y 6. Este campo debe ser diligenciado de forma obligatoria para poder realizar los cálculos correspondientes, en caso de no estarlo al momento de decidir calcular la red aparecerá una notificación, al igual que si se ingresa un estrato diferente a las opciones válidas. Cuando se dice decidir calcular la red, se hace referencia a hacer clic en el botón Calcular red.

Ingrese la información de los tramos de la red

Nodo inicial Nodo final Distancia [m] Abonados

	Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
T	1	2	57	
1	2	3		
2	3	4		
3	4	5		
4	5	6		
5	6	7		
6	7	8		
7	8	9	22	5

Red

☒ Red aérea

☐ Red subterránea

Transformador

☐ Transformador trifásico

☒ Transformador monofásico

Material del conductor

☐ Cobre

☒ Aluminio

Ingrese el estrato

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Figura 32. Error al no ingresar un estrato socioeconómico

Ingrese la información de los tramos de la red

Nodo inicial Nodo final Distancia [m] Abonados

	Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
T	1	2	57	
1	2	3		
2	3	4		
3	4	5		
4	5	6		
5	6	7		
6	7	8		
7	8	9	22	5

Red

☒ Red aérea

☐ Red subterránea

Transformador

☐ Transformador trifásico

☒ Transformador monofásico

Material del conductor

☐ Cobre

☒ Aluminio

Ingrese el estrato

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Figura 33. Error al ingresar un estrato socioeconómico no válido

Es de aclarar que para realizar los cálculos deben estar ingresados los tramos de la red y debe haber un estrato asignado. En caso de no cumplirse alguna de las condiciones saldrá una notificación.

Ingresa la información de los tramos de la red

Nodo inicial Nodo final Distancia [m] Abonados

☒ Red aérea
☐ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor
☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingresa el estrato

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Mensaje
 Por favor ingrese un estrato y agregue tramos a la red.

Figura 34. Error sin tramos de red y sin estrato asignado

Ingresa la información de los tramos de la red

Nodo inicial Nodo final Distancia [m] Abonados

☒ Red aérea
☐ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor
☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingresa el estrato

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Mensaje
 Por favor ingrese un estrato válido y agregue tramos a la red.

Figura 35. Error sin tramos de red y estrato asignado no válido

Ingrese la información de los tramos de la red

Nodo inicial Nodo final Distancia [m] Abonados

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
Mensaje Por favor ingrese tramos a la red. <input type="button" value="Aceptar"/>			

☒ Red aérea
☐ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor

☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingrese el estrato

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Figura 36. Error sin tramos de red

En caso de no tener ningún error, al accionar el botón calcular red, se creará un archivo de extensión .txt, llamado *ResultadosRedDistribucion*, que se guardará en la carpeta Documentos públicos.

Ingrese la información de los tramos de la red

Nodo inicial Nodo final Distancia [m] Abonados

Nodo inicial	Nodo final	Distancia [m]	Abonados
T	1	2	57
1	2	25	52
2	3	26	40
3	4	27	25
4	5	26	17
5	6	27	7
6	7	26.5	3
5	8	25	5
4	9	22	5

☒ Red aérea
☐ Red subterránea

☐ Transformador trifásico
☒ Transformador monofásico

Material del conductor

☐ Cobre
☒ Aluminio

Ingrese el estrato

Programa diseñado por Natalia Arango Largo

Figura 37. Acción Calcular red 1 / 2

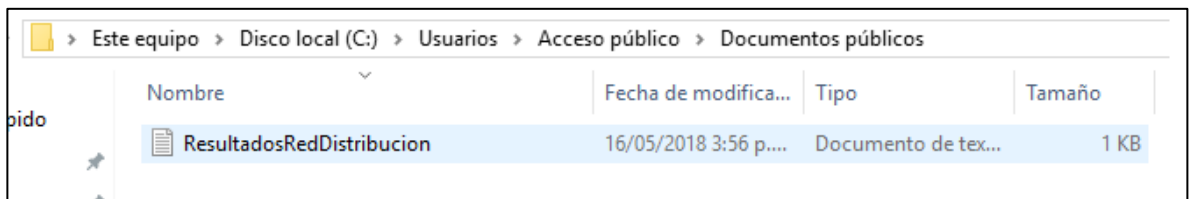


Figura 38. Acción Calcular red 2 / 2

Al abrir el documento tendrá la siguiente forma.

ResultadosRedDistribucion: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

El conductor a utilizar es 2/0 AWG

Constante K del conductor elegido: 0.00159

Corriente nominal del conductor [A]: 210.0

Resistencia a.c del conductor seleccionado [ohm/km]: 0.523

NODO1	NODO2	DISTANCIA [m]	ABONADOS	KVA-Div	M.P	Sum.M.P	%Regulacion	%RegulacionT	T.envío [V]	T.recibo [V]	Corriente [A]	%Pérdidas
T	1	2	57	37.6200	75.2400	0.0	0.119631600	0.1196316000	240.0	239.71322723	156.750000000	0.1518152
1	2	25	52	34.32	858.0	0.0	1.36422	1.4838516	239.7132272	236.49082707	143.171073187	1.7353715
2	3	26	40	26.4000	686.400	0.0	1.091376000	2.5752276	236.4908270	233.97462098	111.632236760	1.4263885
3	4	27	25	16.5	445.5	0.0	0.708345	3.2835726	233.9746209	232.36996354	70.520468975	0.9458001
4	5	26	17	11.56	300.56	0.0	0.4778904	3.761463	232.3699635	231.29974564	49.7482541356	0.6469345
5	6	27	7	5.68	153.359	0.0	0.2438424	4.0053054	231.2997456	230.75745903	24.5568795766	0.3331585
6	7	26.5	3	3.46	91.69	2610.75	0.1457871	4.1510925	230.7574590	230.43445271	14.9940981951	0.2001242
5	8	25	5	4.5	112.5	2478.2	0.178875	3.940338	231.2997456	230.90169285	19.4552743125	0.2443944
4	9	22	5	4.5	99.0	0.0	0.15741	3.4409826	232.3699635	232.01635750	19.3656698625	0.2130906
9	10	23	3	3.46	79.58	2243.7200	0.1265322	3.5675148	232.0163575	231.73289468	14.9127416581	0.1718129
3	11	20	9	6.85	137.0	0.0	0.21783	2.7930576	233.9746209	233.47880256	29.2766795441	0.2908521
11	12	22	3	3.46	76.12	1832.76	0.121030000	2.9140884000	233.4788025	233.20422279	14.8193324706	0.1622904
2	13	20	8	6.25	125.0	0.0	0.19875	1.6826016	236.4908270	236.02857934	26.4280863541	0.2597589
13	14	20	6	5.09	101.8	1160.04	0.161862	1.8444635999	236.0285793	235.65345774	21.5651850893	0.2123771

Pérdidas totales por efecto joule [%] 6.994169691845458

Figura 39. Resultados

ANEXOS

Normas de diseño y construcción para redes y subestaciones dentro del sistema eléctrico de la empresa de energía de Pereira:

http://www.eep.com.co/images/stories/normatividad/Normas_Tecnicas_de_Instalaciones_Electricas.pdf

Código eléctrico colombiano:

<http://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/ntc%2020500.pdf>

Boletín técnico CENTELSA marzo 2005:

<http://www.centelsa.com.co/archivos/3d6c0e37.pdf>

Catálogo de productos Procables:

<http://www.procables.com.co/es/catalogo-de-productos-procables>

RETIE:

<https://www.minminas.gov.co/documents/10180/1179442/Anexo+General+del+RETIE+vigente+actualizado+a+2015-1.pdf/57874c58-e61e-4104-8b8c-b64dbabedb13>

“Redes de Distribución de Energía” por SAMUEL RAMIREZ CASTAÑO:

<http://www.bdigital.unal.edu.co/3393/>

Fórmulas:

- Momento de potencia = kVA * Distancia en metros
- $k_{Calculada} = \frac{\% \text{ Regulación máxima permitida}}{\text{Sumatoria de momento de potencia}} = \frac{5 \%}{\text{Sumatoria de momento de potencia}}$
- % Regulación = Momento de potencia * kReal
- $\text{Tensión nodo de recibo} = \frac{\text{Tensión nodo de envío}}{1 + \frac{\% \text{ Regulación total en el tramo}}{100}}$

Para redes monofásicas:

- $\text{Corriente de línea} = \frac{\text{Potencia aparente}}{\text{Tensión línea-línea}}$
- $\text{Porcentaje de pérdidas de potencia} = 200 * \frac{\text{Potencia aparente} * \text{Resistencia} * \text{Longitud}}{\text{Factor de potencia} * (\text{Tensión línea-línea})^2}$

Para redes trifásicas:

- $\text{Corriente de línea} = \frac{\text{Potencia aparente}}{\sqrt{3} * \text{Tensión línea-línea}}$
- $\text{Porcentaje de pérdidas de potencia} = 100 * \frac{\text{Potencia aparente} * \text{Resistencia} * \text{Longitud}}{\text{Factor de potencia} * (\text{Tensión línea-línea})^2}$